



## بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد برگ خشک ژنوتیپ‌های توتون ویرجینیا با استفاده از رگرسیون تای (Tai) و AMMI

س. شادپور<sup>۱</sup>، س. ع. پیغمبری<sup>۲</sup>، ع. محمدی<sup>۳</sup>، م. شعاعی دیلمی<sup>۴</sup>، م. ح. م. جهرمی<sup>۵</sup> و ع. ر. مهدوی<sup>۶</sup>

- ۱- کارشناس ارشد اصلاح نباتات مرکز تحقیقات توتون رشت (نویسنده مسؤول)  
۲- دانشیار پردهی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج  
۴- کارشناس ارشد اصلاح نباتات، مرکز تحقیقات توتون رشت  
۵- کارشناس ارشد زراعت، مرکز تحقیقات توتون واحد کرج

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۸ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۱۴

### چکیده

در این تحقیق به منظور تعیین سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌های توتون، پنج ژنوتیپ توتون ویرجینیا در دو منطقه رشت و تیرتاش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار و دو سال زراعی متوالی (۱۳۸۷-۸۹) کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در روش AMMI و Tai در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بودند. در روش رگرسیون Tai ژنوتیپ‌های ۱، ۳ و ۵ در ناحیه پایداری قرار گرفتند، اما از بین آنها ژنوتیپ شماره ۳ (Caspian z1) به علت دارا بودن مقدار  $\lambda$  نزدیک به ۱ و مقدار  $\alpha$  نزدیک به صفر و همچنین میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل، از پایداری بسیار بالایی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بود. در مدل AMMI<sub>1</sub> ژنوتیپ ۳ به عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی گردید و همچنین در مدل AMMI<sub>2</sub> نیز دو مولفه اصلی اول در سطح ۱٪ معنی دار شدند، مولفه اصلی اول ۸۷٪ و مولفه اصلی دوم ۱۲٪ و در مجموع این دو مولفه ۹۹٪ از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را توجیه نمودند. لذا در این مدل دو مولفه اصلی اثر متقابل در مدل نگه داشته شد (AMMI<sub>2</sub>) و بقیه مولفه‌ها به عنوان نویز در نظر گرفته شدند. براساس نمودار بای‌پلات مدل<sub>2</sub> AMMI ژنوتیپ ۳ (Caspian z1) به عنوان بهترین ژنوتیپ برای مکان تیرتاش (S2) و رشت (S1) شناخته شد. به طور کلی در این تحقیق ژنوتیپ ۳ بر اساس روش Tai و AMMI به عنوان برترین ژنوتیپ شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: سازگاری، پایداری، AMMI، رگرسیون Tai، توتون

عملکرد بستگی به ظرفیت رقم از نظر عکس العمل در شرایط محیطی متفاوت دارد. پایداری موضوع اثر متقابل ژنوتیپ و عوامل محیطی است و برآیند این عکس العمل بستگی به

مقدمه سازگاری یک رقم ظرفیت ژنتیکی آن واریته برای ظهور عملکرد بالا و پایدار در محیط‌های متفاوت می‌باشد. اما پایداری



λ محاسبه می‌شود (۱۱). برای محاسبه این دو آماره از فرمول‌های زیر استفاده می‌شود:

$$\alpha_i = \frac{\left( \sum_j \varepsilon_{ij} (ge)_{ij} / (q-1) \right)}{(msl) - (msb) / (pr)}$$

$$\lambda_i = \frac{\left( \sum_j ge_{ij}^2 / (q-1) \right) - \alpha_i \left( \sum_j \varepsilon_{ij} ge_{ij} \right) / (q-1)}{(p-1)MSE / pr}$$

در فرمول‌های فوق:

$$g_i = \bar{X}_{i..} - \bar{X}_{...}$$

$$\varepsilon_i = \bar{X}_{.j} - \bar{X}_{...}$$

$$(ge)_{ij} = \bar{X}_{ij} - \bar{X}_{i..} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{...}$$

همچنین  $msl$  = واریانس اثرات محیطی،  $msb$  = واریانس تکرار درون محیطها و  $mse$  = واریانس اشتباہ می باشد.

پارامتر  $\alpha$  بیانگر ضریب رگرسیون می باشد و مقدار بهینه این پارامتر برای بررسی اثر متقابل بایستی ۱- و متوسط آن صفر باشد و پارامتر λ که بیانگر انحراف از خط رگرسیون می باشد، مقدار بهینه آن بایستی ۱ باشد. چنانچه ژنتیپی دارای ضریب رگرسیون ۱- و انحراف از رگرسیون ۱ باشد پایداری آن ژنتیپ کامل است. همچنین اگر ژنتیپی ضریب رگرسیون صفر و انحراف ۱ داشته باشد پایداری متوسطی از خود نشان خواهد داد. با استفاده از روش رگرسیون Tai یک نمودار هذلولی شکل ترسیم می گردد که قابلیت تفکیک ژنتیپ‌های با پایداری بالا و پایین را دارد (۱۵).

ساختمان ژنتیکی واریته و شدت عوامل محیطی دارد.

در روش Tai از دو آماره پایداری  $\alpha$  و λ که بسیار مشابه ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون هستند استفاده می شود. به عبارت دیگر روش رگرسیون Tai همان روش رگرسیونی ابرهارت و راسل می باشد با این تفاوت که از یک وزنی که بر مبنای امید ریاضی داده هاست پارامترهای ابرهارت و راسل تصحیح گردیده و پارامترهای Tai بدست ژنتیپ‌ها در محیط‌های مختلف از طریق اثرات ژنتیپی انجام می گیرد ولی در روش رگرسیون ابرهارت و راسل اثرات فنوتیپی استفاده گردیده است (۱۴). در این روش تفکیک اثر متقابل ژنتیپ و محیط به مجموع مربعات رگرسیون و انحراف از رگرسیون در صورتی عملی است که اثرات محیطی بدون اشتباہ برآورد شوند. با توجه به این مورد تای اظهار داشت که نمی توان اثرات محیطی را بدون اشتباہ برآورد کرد. براساس این فرضیه‌ها که اثرات محیطی ( $e_{ij}$ ) و اثرات متقابل ژنتیپ و محیط ( $ge_{ij}$ ) توزیع نرمال دارند، Tai از روش رابطه ساختاری برای یافتن آماره‌های  $\alpha$  و λ با حداکثر درست‌نمایی استفاده کرد. بر اساس روش تجزیه رابطه ساختاری، اثر متقابل ژنتیپ و محیط یک واریته از دو جز تشکیل شده است: ۱- پاسخ خطی به اثرات محیطی که با استفاده از آماره  $\alpha$  محاسبه می شود و ۲- انحراف از پاسخ خطی که به وسیله آماره



مقادیر اثرات متقابل ژنتیپ و محیط صورت می‌گیرد، اما در مولفه‌های اصلی محاسبات روی تفاضل داده‌های اصلی از میانگین کل انجام می‌شود (۵). نویز ( $\sigma_{ge}$ ) باقیمانده از اثرات متقابل است، در صورتی که از تمام مولفه‌ها استفاده نشود. لی و همکاران در تجزیه پایداری و صفات اقتصادی مهم ۷ رقم توتون در ۱۲ منطقه در ۳ سال گزارش کردند ۴ رقم کا، ۳۲۶، کا، ۳۴۶، یون یان ۸۷ و آر جی ۱۷ از نظر خصوصیات اقتصادی بهتر از بقیه بودند. اما دو رقم ۳۱۵ و کا ۳۵۸ در عملکرد و متوسط قیمت در مناطق مورد بررسی پایداری داشتند (۱۲). حاجی و همکاران (۷) در بررسی اثر متقابل ژنتیپ × محیط و پایداری عملکرد ژنتیپ‌های امیدبخش گندم دوروم از روش Tai و AMMI استفاده کردند و در نهایت یک ژنتیپ را به عنوان پایدارترین ژنتیپ معرفی نمودند. هدف از این تحقیق بررسی اثر متقابل ژنتیپ × محیط و تعیین پایداری عملکرد پنج ژنتیپ توتون در مناطق رشت و تیرتاش می‌باشد. حسین زاده و همکاران (۹) به منظور بررسی سازگاری و پایداری عملکرد ارقام نر عقیم توتون تیپ بارلی در دو منطقه توتونکاری مازندران و گلستان با مقایسه ۲ رقم نر عقیم HB4105P و ۰۳FZ13 به همراه شاهد بارلی ۲۱ اجرا نموده و در نهایت رقم HB4105P را به عنوان رقم سازگار و پایدار از نظر صفات مورد بررسی معرفی نمودند. صلواتی و همکاران (۱۳) به منظور بررسی سازگاری و پایداری عملکرد لاین‌های اصلاح شده توتون در استان‌های

در مدل AMMI ابتدا با استفاده از تجزیه واریانس معمولی آثار اصلی ژنتیپ‌ها و محیط‌ها برآورد می‌شود که به آنها اثرات اصلی جمع‌پذیر یا افزایشی گفته می‌شود. سپس با استفاده از تجزیه به مولفه‌های اصلی اثر متقابل بین ژنتیپ و محیط که به اثرات متقابل ضرب‌پذیر معروف است مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (۶). روش AMMI در واقع ترکیبی از مدل تجزیه واریانس (ANOVA) و تجزیه به مولفه‌های اصلی (P.C.A) است و مدل آن به صورت زیر است:

$$X_{ger} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge} + \varepsilon_{ger}$$

در این فرمول  $X_{ger}$  عملکرد ژنتیپ  $g$  ام در محیط  $e$  ام در تکرار  $r$  ام است.  $\mu$  میانگین کل آزمایش،  $\alpha_g$  و  $\beta_e$  به ترتیب اثرات اصلی ژنتیپ و محیط،  $\lambda_n$  مقدار منفرد برای محور مولفه اصلی  $n$  ام،  $\gamma_{gn}$  بردار ویژه ژنتیپ برای محور  $n$  ام،  $\delta_{en}$  بردار ویژه محیط برای محور  $n$  ام و  $\rho_{ge}$  مقدار نویز و  $\varepsilon_{ger}$  عبارت مربوط به خطای این مدل است. بخش اول مدل AMMI یعنی بخش جمع‌پذیر از تجزیه واریانس معمولی استفاده می‌کند. میانگین کل با اثر ژنتیپی ( $\alpha_g$ ) بصورت انحراف ژنتیپ از میانگین کل و اثر محیطی ( $\beta_e$ ) به صورت انحراف محیطی برآورد می‌شود (۶). بخش دوم، قسمت ضرب‌پذیر مدل AMMI است که از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی به منظور تجزیه اثر متقابل ژنتیپ و محیط به یک تا N مولفه اصلی استفاده می‌کند، اما باید توجه داشت که در روش AMMI محاسبات روی



دیسک بود و علف کش ارادیکان به میزان ۴ لیتر در هکتار و قبل از کاشت مصرف و توسط دیسک با خاک مخلوط گردید. پس از آماده سازی زمین اصلی و قبل از انتقال نشاء مقدار کود لازم براساس آزمون خاک و توصیه های بخش تحقیقات خاک و آب هر منطقه به زمین داده شد. پس از انتقال نشاء ها از خزانه به زمین اصلی و پس از آبیاری فاروها، نشاء کاری به فاصله ۵۰ سانتیمتر روی ردیف انجام و بعد از استقرار نشاء ها مجدداً آبیاری انجام شد. عملیات داشت از قبیل آبیاری، مبارزه با علف های هرز، مبارزه با آفات و بیماری ها طبق عرف منطقه و اصول علمی انجام گردید. در هر سال عملکرد برگ خشک هر چین مشخص گردید و در نهایت مجموع عملکرد برگ خشک چین های مختلف به عنوان عملکرد برگ خشک هر کرت (kg/plot) تعیین گردید. پس از انجام تجزیه واریانس ساده در هر سال و هر مکان، آزمون بارتلت برای بررسی یکنواختی واریانس خطاهای انجام شد. سپس با فرض ثابت بودن اثر ژنتیک ها و تصادفی بودن اثر سال و مکان، تجزیه واریانس مرکب انجام شد. برای بررسی پایداری ژنتیک ها و تجزیه اثر متقابل ژنتیک × محیط، روش رگرسیون Tai و روش AMMI مورد استفاده قرار گرفت. برای ارتباط دادن ژنتیک های مختلف به محیط های متفاوت، از نمودار بای پلات استفاده شد. در این تحقیق برای تجزیه Tai و AMMI نرم افزار SAS مورد استفاده قرار گرفت.

مازندران و گلستان با مقایسه چهار لاین به نژادی شده به نامهای توتم ۳۲۱، توتم ۳۲۲، توتم ۳۲۳، توتم ۳۴۱ و رقم K326 را به عنوان شاهد در ۶ منطقه توتونکاری مورد ارزیابی قرار دادند. و در نهایت رقم های توتم ۳۲۲ و توتم ۳۲۳ را از نظر صفات مورد بررسی عملکرد و تست ذاتیه ای به عنوان ارقام برتر معرفی نمودند.

حسین زاده و همکاران (۸) به منظور بررسی سازگاری و پایداری عملکرد ارقام نر عقیم توتون تیپ ویرجینیا در دو منطقه توتونکاری مازندران و گلستان با مقایسه ۳ رقم نر عقیم PVH03، NC100، ULT103 شاهد K326 اجرا نموده و در نهایت رقم NC100 را به عنوان رقم سازگار و پایدار از نظر صفات مورد بررسی معرفی نمودند.

## مواد و روشها

در این تحقیق پنج ژنتیک توتو (Caspian p1) و (Caspian p2) و (Caspian z1) و (Caspian z2) که به ترتیب ژنتیک های ۱ تا ۵ نامبرده می شوند در مناطق رشت و تیرتاش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی، در سه تکرار و دو سال زراعی متوالی (۱۳۸۷-۸۹) مورد مطالعه قرار گرفتند. مشخصات فنی و زراعی اجرای طرح در کلیه مناطق یکسان و مشابه بود. ابتدا خزانه های نشاء توتو آماده سازی شدند و بذور ارقام مورد نظر به میزان ۰/۱۰-۰/۱۸ گرم در هر متر مربع خزانه پاشیده شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم و



از آن می‌باشد برآورد گردید. نتایج برآورد شده این پارامترها برای هر ژنتیپ در جدول ۱ نشان داده شده است.

## نتایج و بحث

در روش رگرسیون Tai دو پارامتر  $\alpha$  و  $\lambda$  که نشان‌دهنده ضریب رگرسیون و انحراف

جدول ۱- نتایج روش رگرسیون تای و مقادیر میانگین، آلفا و لامبدا

الفا ( $\alpha$ )	لامبدا ( $\lambda$ )	میانگین	شماره ژنتیپ
-۰/۱۰۱۸ <sup>ns</sup>	۳/۳۲۱ <sup>ns</sup>	۱۲/۹۴۰	۱
۰/۰۸۲۹*	۰/۳۸۱ <sup>ns</sup>	۱۶/۶۹۹	۲
-۰/۰۲۷۷ <sup>ns</sup>	۰/۸۹۱ <sup>ns</sup>	۱۹/۷۷۶	۳
-۰/۱۱۶۷*	۰/۳۵۲ <sup>ns</sup>	۱۲/۹۶۵	۴
-۰/۰۵۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۸۹۵ <sup>ns</sup>	۱۳/۸۳۷	۵

\*: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ns: غیر معنی‌دار.

صفر باشد پایداری ژنتیپ متوسط است. در این نمودار ژنتیپ‌های ۱، ۳ و ۵ داخل هذلولی قرار گرفته‌اند، اما ژنتیپ‌های ۳ و ۵ در وضعیت مناسب‌تری قرار گرفته‌اند که در بین آنها ژنتیپ ۵ با اینکه در ناحیه بسیار مناسبی از نظر پایدار عمومی قرار گرفته‌است، اما میانگین عملکرد این ژنتیپ کمتر از میانگین عملکرد کل می‌باشد. بنابراین، ژنتیپ ۳ به علت دارا بودن میانگین عملکرد بالاتر از متوسط و ضریب رگرسیون نزدیک به صفر و انحراف از رگرسیون ۱، از پایداری بسیار بالایی نسبت به ژنتیپ‌ها برخوردار می‌باشد. تجزیه واریانس مدل AMMI اثرمعنی داری را برای محیط و اثرمتقابل ژنتیپ × محیط نشان داد (جدول ۲). ژنتیپ و محیط و اثرمتقابل به ترتیب ۹/۱۳۷، ۸۹/۱۲۶، ۱/۷۳۷ از کل مجموع مربعات را توجیه نمودند. به منظور تجزیه اثرمتقابل ژنتیپ × محیط، تجزیه به مولفه‌های اصلی روی ماتریس باقی مانده

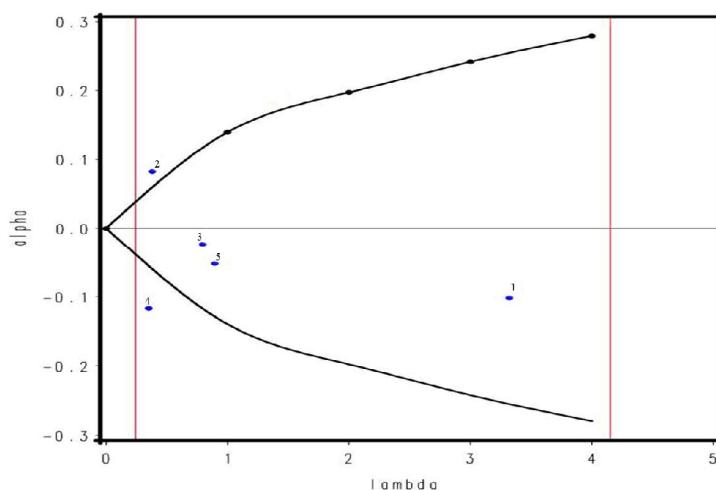
از نظر پارامتر  $\alpha$  به غیر از ژنتیپ ۴ و ۲ که اختلاف معنی‌دار ( $\alpha = 0$ ) در سطح احتمال ۰/۰۵ نشان دادند، سایر ژنتیپ‌ها به دلیل داشتن مقدار  $\alpha$  غیرمعنی‌دار، دارای پایداری متوسطی بودند. از نظر پارامتر  $\lambda$  تمامی ژنتیپ‌ها به علت نداشتن انحراف از خط رگرسیون، غیرمعنی‌دار و در وضعیت مناسبی قرار گرفتند.

در تجزیه واریانس با روش رگرسیون Tai اثر معنی‌داری را برای اثر متقابل ژنتیپ × محیط نشان داد. در روش Tai (شکل ۱) ژنتیپ‌هایی که در درون نمودار هذلولی قرار گرفته‌اند پایداری متوسطی دارند اما هرچه از مرکز نمودار به طرف مثبت محور  $\lambda$  پیش برویم، از قابلیت اطمینان پایداری این ژنتیپ‌ها کاسته می‌شود، همچنین اگر ژنتیپی دارای ضریب رگرسیون ( $\alpha$ ) ۱ و انحراف از رگرسیون ( $\lambda$ ) ۱ باشد پایداری آن ژنتیپ کامل است، اما اگر ضریب رگرسیون



۲ مولفه اصلی ( $AMMI_2$ ) که ۹۹/۹۵۱٪ از تغییرات اثر متقابل را توجیه کرد در نظر قرار گرفت (جدول ۲). همچنین برای ارزیابی پایداری ارقام از آماره جدید ارزش پایداری ( $ASV$ ) استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

صورت گرفت که ۲ مولفه اصلی در سطح  $<0.01$  (p) معنی دار شدند. اولین مولفه اصلی ۸۷/۱۱٪ از مجموع مربعات اثر متقابل را به  $IPCA_2$  خود اختصاص داد و این مقدار برای  $AMMI_2$  برابر ۱۲/۸۳٪ بود. مولفه اصلی باقی مانده در مدل تنها ۰۰/۰۴۹٪ از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه کرد. بنابراین مدل  $AMMI$  با



شکل ۱- پارامترهای برآورده شده با استفاده از رگرسیون تای.

جدول ۲- تجزیه واریانس مدل  $AMMI$  برای عملکرد برگ خشک ژنتیپ‌های توتون در محیط‌های مختلف در سال‌های زراعی (۱۳۸۶-۱۳۸۸)

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS) مربعات (SS)	SS (%) مربعات (MS)	میانگین مربعات (MS)
کل	۵۹	۴۶۷۸/۲۶۰۹۶		
تیمار	۲۱	۴۶۲۲/۱۰۲۷۷	۲۲۰/۱۰۰۱**	
ژنتیپ	۴	۴۲۱/۷۰۶۹۶	۱۰۵/۴۲۵۷**	
محیط	۳	۴۱۱۳/۴۵۲۶۲	۱۳۷۱/۱۵۰۹**	
اثر متقابل ژنتیپ × محیط	۱۲	۸۰/۱۸۲۲۳	۶/۶۸۱۹**	
$IPCA_1$	۶	۶۹/۸۵۱۹	۱۱/۶۴۲۰**	
$IPCA_2$	۴	۱۰/۲۹۰۵	۲/۵۷۲۶**	
باقیمانده (نویز)	۲	۰/۰۳۹۸	۰/۰۱۹۹ ns	
خطای ادغام شده	۲۸	۵۶/۱۵۸۱۹	۱/۴۷۷۸۴	

\* و \*\*: به ترتیب معنی داری در سطح ۱ درصد و غیر معنی دار.



جدول ۳- ارزش پایداری AMMI (ASV) و مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم ژنوتیپ‌ها

شماره ژنوتیپ	میانگین	IPCA <sub>1</sub>	IPCA <sub>2</sub>	ASV
۱	۱۲/۹۴۰	۱/۰۵۸۵۲	-۰/۹۲۰۵۰	۲/۹۰۷
۲	۱۶/۶۹۹	-۰/۲۵۴۵۱	-۱/۱۵۲۷۲۶	۱/۶۶۵
۳	۱۹/۷۷۶	۰/۲۵۹۸۴	۰/۹۰۷۴۱	۱/۱۳۲
۴	۱۲/۹۶۵	۰/۹۰۵۳۹	۰/۳۳۴۷۸	۲/۳۸۲
۵	۸۳۷/۱۳	-۰/۰۶۷۱۸	-۰/۶۹۶۴۹	۰/۷۱۸

پایداری شوکلا همبستگی مثبت و بالایی را با یکدیگر نشان دادند (۱).

به منظور ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها و نیز ارتباط دادن ژنوتیپ‌های مختلف به مناطق گوناگون از تجزیه واکنش ژنوتیبی یا نمودار بای‌پلات استفاده شد. در نمودار بای‌پلات محور افقی نمایانگر اثرات اصلی جمع‌پذیر یا میانگین و محور فائم اثرات متقابل ضربی یا مقادیر اولین مولفه‌های اصلی می‌باشد. در بای‌پلات مذکور دو جفت از داده‌ها روی محور نمایش داده شده‌اند.

اولین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر رقم (محور افقی) و مقادیر اولین مولفه اصلی هر ژنوتیپ (محور عمودی) و دومین جفت مربوط به میانگین عملکرد هر محور افقی) و مقادیر اولین مولفه اصلی هر محیط (محور عمودی) می‌باشد. عملکرد برگ خشک توتون و مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم ژنوتیپ‌ها و محیط‌های مورد مطالعه در جداول (۴) و (۵) ارائه شده است.

در بای‌پلات (شکل ۲) مشاهده می‌شود که ژنوتیپ‌های ۱ و ۴ و همچنین محیط S<sub>2</sub> دارای IPCA1 بالا و به عبارتی بیشترین تاثیر را در ایجاد اثر متقابل دارند. خط عمود در

در روش ارزش پایداری AMMI ژنوتیبی پایدار است که دارای ASV کمتری باشد. در این روش ژنوتیپ ۵ کمترین ASV را به خود اختصاص داد، اما عملکرد این ژنوتیپ کمتر از میانگین کل می‌باشد، بنابراین در این روش ژنوتیپ‌های ۳ و ۲ با داشتن ASV پایین (به ترتیب) و عملکرد بالاتر از میانگین کل، به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناخته شدند. همچنین ژنوتیپ ۱ و ۵ با داشتن بالاترین ASV، ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. کریمی زاده و همکاران برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از روش AMMI برای ۱۰ ژنوتیپ ذرت، از چهار پارامتر SIPC4، AMGE4 و ASV استفاده کردند، آنها از بین پارامترهای EV4 AMMI، پارامتر ASV را به علت صحت نتایج مربوط به آن به عنوان بهترین پارامتر معرفی کردند. همچنین آنها اظهار داشتند به نظر می‌رسد پارامتر ASV مدل AMMI دارای مفهوم زراعی پایداری می‌باشد. در مطالعات آنها پارامتر ASV همبستگی مثبت و معنی‌داری با اکووالانس ریک و همچنین آماره ناپارامتری S<sub>2</sub> وجود داشت (۱۰). در تحقیق دیگری روی کتان، پارامتر ASV و واریانس



عملکرد بالاتر از متوسط را به خود اختصاص دادند و در سمت راست خط عمود در میانه بای پلات قرار گرفتند. ژنوتیپ ۱ کمترین میزان عملکرد را داشت که در بای پلات مذکور مشاهده می شود.

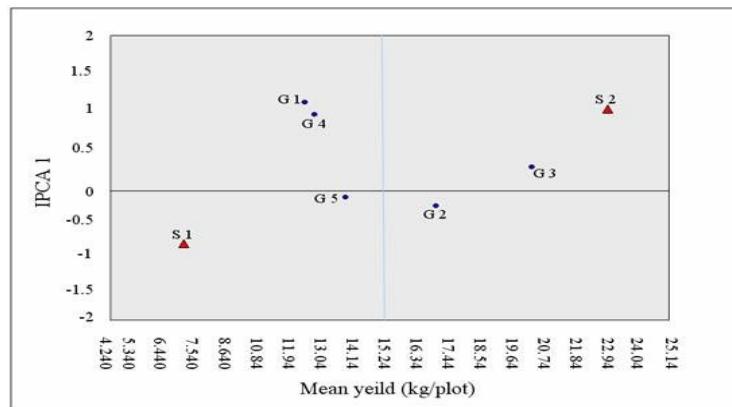
میانه بای پلات (شکل ۲) از میانگین کل دو سال آزمایش می گذرد. ژنوتیپ‌ها و مکان‌های سمت راست این خط دارای عملکرد بالاتر از میانگین کل می باشند، بنابراین ژنوتیپ‌های ۳ و ۲ به ترتیب بیشترین تا کمترین میانگین

جدول ۴- عملکرد برگ خشک و مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم ژنوتیپ‌های توتون

IPCA <sub>2</sub>	IPCA <sub>1</sub>	میانگین	شماره ژنوتیپ
-۰/۹۲۰۵۰	۱/۰۵۸۵۲	۱۲/۹۴۰	۱
-۱/۵۲۷۲۶	-۰/۲۵۴۵۱	۱۶/۶۹۹	۲
۰/۹۰۷۴۱	۰/۲۵۹۸۴	۱۹/۷۷۶	۳
۰/۳۳۴۷۸	۰/۹۰۵۳۹	۱۲/۹۶۵	۴
-۰/۶۹۶۴۹	-۰/۰۶۷۱۸۰	۱۲/۸۳۷	۵

جدول ۵- عملکرد برگ خشک و مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم برای محیط‌های ۱ و ۲

PCA <sub>2</sub>	IPCA <sub>1</sub>	میانگین	کد محیط
-۰/۲۶۴۳	-۰/۸۶۰۱	۷/۱۳۳	S <sub>۱</sub>
۰/۲۶۸۸	۰/۸۶۶۵	۲۲/۳۵	S <sub>۲</sub>



شکل ۲- بای پلات میانگین ژنوتیپ‌ها، محیط‌ها و مقادیر اولین مولفه اصلی آنها (مدل<sub>۱</sub> AMMI) (G<sub>1</sub> تا G<sub>5</sub> ژنوتیپ‌ها از شماره ۱ تا ۵ به ترتیب رشت و تیرتاش می باشند) و (S<sub>1</sub> تا S<sub>2</sub> ژنوتیپ‌ها از شماره ۱ تا ۵ می باشند).



میانگین عملکرد بیشتر از میانگین کل، ژنوتیپ‌هایی با سازگاری عمومی خوب شناخته شدند. در بررسی سازگاری خصوصی و تعیین مناسبترین ژنوتیپ‌ها برای مکان‌های مورد آزمایش با توجه به بای‌پلات شکل ۳، ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ ژنوتیپ‌هایی هستند که در رئوس چند ضلعی تشکیل شده در این بای‌پلات قرار دارند. این ژنوتیپ‌ها دارای بیشترین پاسخ‌دهی در مکان‌های مناسب خود هستند (به عبارتی بیشترین سازگاری اختصاصی با مکان‌های مناسب خود را دارند) باشند. به وجود آمده که ژنوتیپ‌ها و مکان‌های مناسب آنها درون هر بخش قرار گرفته است. ژنوتیپ‌هایی که در راس قرار گرفته‌اند، ژنوتیپ‌هایی برتر و مناسب برای مکان یا مکان‌هایی می‌باشند که در آن بخش قرار دارند. در این بای‌پلات مکان S<sub>2</sub> در داخل بخش اول قرار گرفته‌اند و ژنوتیپ برتر در این دو مکان ژنوتیپ‌های ۳ و ۲ می‌باشند و به عبارتی از واکنش اثر متقابل مشابه با این دو مکان برخوردارند. از میان این دو ژنوتیپ، ژنوتیپ ۳ با میانگین عملکرد بیشتر از ژنوتیپ ۲ برای مکان S<sub>2</sub> مناسب‌تر می‌باشند.

در بخش دوم این بای‌پلات ژنوتیپ‌هایی برتر و مناسب ژنو‌تیپ ۴ قرار دارد که ژنوتیپ برتر برای مکان S<sub>1</sub> می‌باشد. البته به علت همبستگی نزدیکی که مکان S<sub>2</sub> با مکان S<sub>1</sub> دارد، ژنوتیپ ۲ برای این دو مکان مناسب شناخته شد.

همچنین در مکان‌ها، تیرتاش (S<sub>2</sub>) عملکرد بالایی نشان داد. مکان رشت (S<sub>1</sub>) پایین‌ترین عملکرد را داشت. همچنین محور افقی در IPCA1=0 میانه نمودار نشان‌دهنده (AMMI=0) می‌باشد، که نشان می‌دهد هیچ گونه اثر متقابلی وجود ندارد. از این‌رو ژنوتیپ‌هایی که در مرکز بای‌پلات قرار گیرند اثر متقابل نزدیک به صفر دارند و دارای پایداری عمومی بیشتری هستند، بنابراین ژنوتیپ‌های ۵ دارای اثر متقابل پایینی می‌باشد، ولی ژنوتیپ‌های ۳ و ۲ به علت داشتن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌هایی با پایداری مطلوب مورد توجه قرار بگیرند. شکل ۳ بای‌پلات مولفه‌های اصلی اول و دوم اثر متقابل را برای ژنوتیپ‌ها نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها براساس مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم مشخص شده‌اند. ژنوتیپ‌ها به صورت شماره و دایره و محیط‌ها به صورت S نشان داده شده‌اند.

این بای‌پلات جمعاً ۹۹/۹۴٪ تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه می‌کند و سهم مولفه اصلی اول (۸۷/۱۱) در تفکیک ژنوتیپ‌ها و مکان‌ها بیشتر و سهم مولفه اصلی دوم (۱۲/۸۳) کمتر است (جدول ۲).

در بای‌پلات شکل ۲ ژنوتیپ شماره ۱ دارای اثر متقابل بزرگ و ناپایداری بود. ژنوتیپ شماره ۴ نیز دارای اثر متقابل ثابت، بزرگ و ناپایداری بوده و ژنوتیپ‌های ۳، ۲ و ۵ از کمترین اثر متقابل برخوردار بودند که از بین آنها ژنوتیپ‌های ۳، ۲ و ۳ نیز به علت داشتن

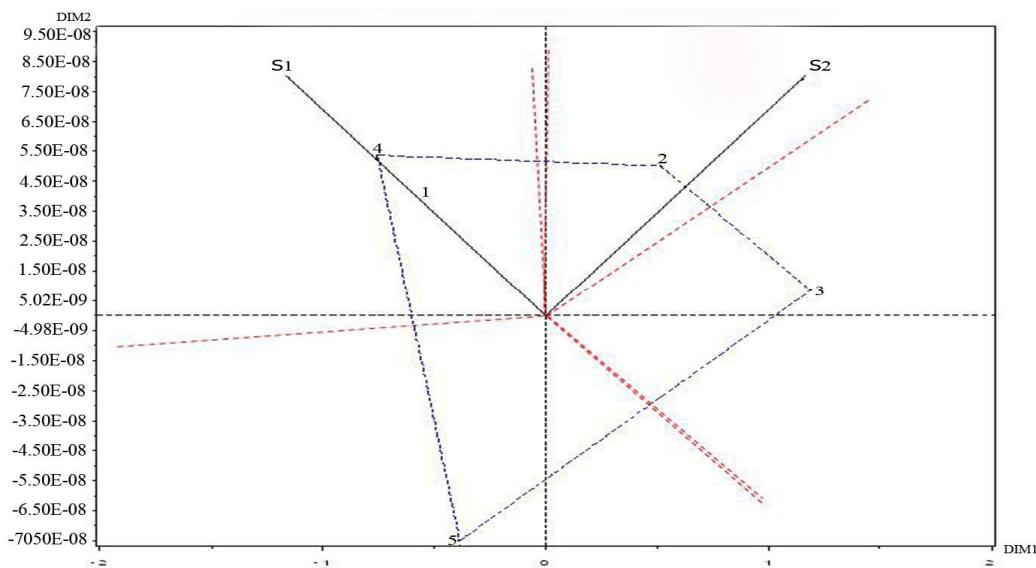


مدل  $AMMI_1$  ژنتیپ‌های ۳ و ۲ به عنوان ژنتیپ‌های با پایداری مطلوب و عملکرد بالا شناخته شدند و در مدل  $AMMI_2$  ژنتیپ‌های ۳ و ۲، به عنوان ژنتیپ‌هایی با سازگاری عمومی خوب و با عملکرد بالا شناخته شدند، همچنین بر اساس پارامتر ارزش پایداری  $AMMI$  (ASV) ژنتیپ‌های ۳ و ۲ به عنوان ژنتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا شناخته شدند  $Tai$  و همچنین در روش تجزیه رگرسیون ژنتیپ ۳ به عنوان ژنتیپ برتر معرفی گردید، به طور کل می‌توان ژنتیپ ۳ را به عنوان بهترین ژنتیپ معرفی کرد.

البته، در بررسی اثر متقابل ژنتیپ و محیط در هیبریدهای ذرت روش‌های مختلف تجزیه پایداری را با هم مقایسه نمود، ولی در نهایت مدل  $AMMI$  را مناسب ترین روش برای تجزیه پایداری معرفی کرد (۲).

در تجزیه الگوی واکنش ژنتیپی بر مبنای دو مولفه اصلی اول توجه به زاویه بین بردارهای محیطی در تفسیر مشابهت‌های محیطی سودمند است. زاویه حاده بین دو بردار محیطی مشخص کننده همبستگی بالای دو محیط است. زاویه قائم بین دو بردار محیطی نشان دهنده عدم وجود همبستگی در ایجاد اثر متقابل می‌باشد و زاویه منفرجه بین دو بردار محیطی بیانگر همبستگی منفی دو محیط از لحاظ ایجاد اثر متقابل می‌باشد (۴). در این بای پلات مکان‌های  $S_1$  و  $S_2$  به علت داشتن بردارهایی با زاویه حاده دارای همبستگی بالا و مثبتی می‌باشند.

روش  $AMMI$  با قابلیت تفسیر گرافیکی براساس یک و دو مولفه اصلی اول و قابلیت تفسیر توسط پارامترهای آن یک روش کار آمد محسوب می‌شود. از آنجایی که در



شکل ۳- بای پلات براساس مدل  $AMMI_2$  ( $S_1$  و  $S_2$  به ترتیب رشت و تیرتاش می‌باشند).



به عنوان ژنو تیپی با سازگاری عمومی خوب و با عملکرد بالا شناخته شد.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مرکز تحقیقات توتون رشت و مرکز تحقیقات و آموزش توتون تیرتاش که در اجرای مراحل مختلف این طرح پژوهشی نهایت همکاری را داشتند تقدیر و تشکر بعمل می آید.

بورجنو و همکاران در تجزیه گرافیکی بای پلات  $AMMI_2$ , به منظور تفسیر بای پلات و معرفی ژنتیپ‌هایی برتر برای هر مکان، ژنتیپ‌هایی را که در هر بخش در رئوس چند ضلعی قرار داشتند، به عنوان ژنتیپ برنده معرفی کردند (۳).

روش  $AMMI$  با قابلیت تفسیر گرافیکی براساس یک و دو مولفه اصلی اول و قابلیت تفسیر توسط پارامترهای آن یک روش کارآمد محسوب می‌شود. در مدل  $AMMI_2$  ژنتیپ ۳

### منابع:

1. Adugna, W. and M.T. Lebuschagne. 2002. Genotype-environment interactions and phenotypic stability analysis of linseed in Ethiopia. *Plant Breeding*. 121: 66-71.
2. Albert, M.J.A. 2004. A comparison of statistical methods to describe genotype × environment interaction and yield stability in multi-location maize trials. M. Sc. Thesis. Department of Plant Sci., The University of the Free State, Bloemfontein. 96 p.
3. Burgueño, J., J. Crossa and M. Vargas. 2000. SAS programs for graphing GE and GGE biplots. CIMMYT, Int. México. 21 p.
4. Chapman, S.C., J. Crossa and G.O. Edmeades. 1997. Genotype by environment effects and selection for drought tolerance in tropical maize .I. Two mode pattern analysis of yield. *Euphytica* 95:1-9.
5. Gauch, H.G. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. *Biometrics* 44: 705-715.
6. Gauch, H.G. 1992. Statistical Analysis of Regional Trials. *AMMI Analysis of Factorial Designs*. Elsevier Pub. Amsterdam, Netherlands. 278 p.
7. Haji, M.A., M. jahromi, M. Khodarahmi, A.R. Mohammadi and A. Mohammadi. 2010. Study of genotype × environment interaction and yield stability of durum wheat genotype using AMMI and Tai analysis. Abstracts proceeding of the 11<sup>th</sup> Iranian crop production and breeding congress. 2: 75
8. Hosseinzadeh Fashalami, N., A.R. Mahdavi and A.Gh. Gholizadeh. 1386. Investigation of adaptability and yield stability of Virginia tobacco male-sterile cultivars in mazandaran and golestan provinces. Annual Report of Tirtash Research and Education Center. 1-13.
9. Hosseinzadeh Fashalami, N., A.R. Mahdavi and A.Gh. Gholizadeh. 2007. Investigation of adaptability and yield stability of burley tobacco male-sterile cultivars in mazandaran and golestan provinces. Annual Report of Tirtash Research and Education Center. 13-24.



10. Karimizadeh, R., H. Dehghani and Z. Dehghanpour. 2007. Use of AMMI method for estimating genotype -environment interaction in early maturing corn hybrids. *Seed and Plant Production Journal*. 23(4): 531-546
11. Kendall, M. and A. Stuart. 1979. The advanced theory of statistics, vol. 2., Charles Griffin, London. 484 pp.
12. Li, G., H. Xiao and H. Fang. 2001. Analysis on stability of the main economic characters of flue-cured tobacco cultivars. *Acta Tabacaria Sinica*, 2001, 7-1, pp: 13-8.
13. Salavati, M.R., N. Hosseinzadeh Fashalami, H. Abbasi Rostami and M.T. Shamel Rostami. 2010. Study of yield stability and adaptability of breeding flue-cured tobacco lines in golestan and mazandaran provinces. Annual Report of Tirtash Research and Education Center: 89-104.
14. Tai, G.C.C. 1971. Genotypic stability analysis and application to potato regional triats. *Crop Science*, 11: 184-190.
15. Thillainathan, M. and G.C.J. Fernandez. 2001. SAS application for Tai's stability analysis and AMMI model in genotype  $\times$  environmental interaction (GEI) effects. *Journal of Heredity* 92(4): 367-371.



## Study of Genotype × Environment Interaction and Yield Stability of Tobacco Genotypes Using AMMI and Tai analysis

S. Shadpour<sup>1</sup>, S.A. Peyghambari<sup>2</sup>, A. Mohammadi<sup>3</sup>, M. Shoaei deylami<sup>4</sup>, M.H.M. Jahromi<sup>5</sup> and R. Mahdavi<sup>6</sup>

---

1- M.Sc. of Plant Breeding, Tobacco Research Center, Rasht (Corresponding author)

2- Associate Professor, Agriculture and Natural Resources University of Tehran

3- Assistant Professor, Islamic Azad University, Karadj Branch

4- M.Sc. of Plant Breeding, Tobacco Researcher Center, Rasht

5- M.Sc. of Plant Breeding, Islamic Azad University, Karadj Branch

6- M.Sc. of Agronomy, Tobacco Researcher Center, Tirtash

---

### Abstract

To determine the yield stability and adaptability of the genotype of tobacco, 5 genotypes of flue-cured tobacco were evaluated in experiment using a randomized completely block design (RCBD) with three replications at two locations including Rasht and Tirtash tobacco Research Centers (IRAN), during the growing season of 2008-2010 (four environment). The interaction of genotype × environment in AMMI and Tai analysis method was significant ( $p \leq 0.01$ ). In Tai regression analysis method of genotype 1, 3, 5 were in part stability. But genotype (G3) had a high stability comparing the others because of having  $\lambda$  near to 1 and  $\alpha$  near to zero and also because of a higher average yield than the total average yield. In AMMI<sub>1</sub> model, genotype 3 was introduced as a stable genotype, and also in AMMI<sub>2</sub> model, the first two principle component axes (PCA 1 and 2) were significant ( $p \leq 0.01$ ) and the first Interaction Principal Component Axis (IPCA1) of the interaction captured 87% of the interaction sum of squares. The Second Interaction Principal Component Axis (IPCA2) explained a further 12% of GEI sum of squares. And cumulatively contributed 99% of the total GEI. Thus, in this model AMMI<sub>2</sub>, the first two principle components were considered. And the other PCA were considered as noise. The biplot technique was used to identify appropriate genotype for special locations. Result show that genotype 3 (Caspian z<sub>1</sub>) with the highest interaction were the most stable genotype. Furthermore, genotype 3 was known as more suitable for Tirtash (S2) and Rasht (S1) locations. In general, in this study, genotype 3 was known as the most suitable genotype on the base of Tai regression analysis and AMMI method.

**Keywords:** Adaptability, Stability, AMMI, Tai regression, Tobacco